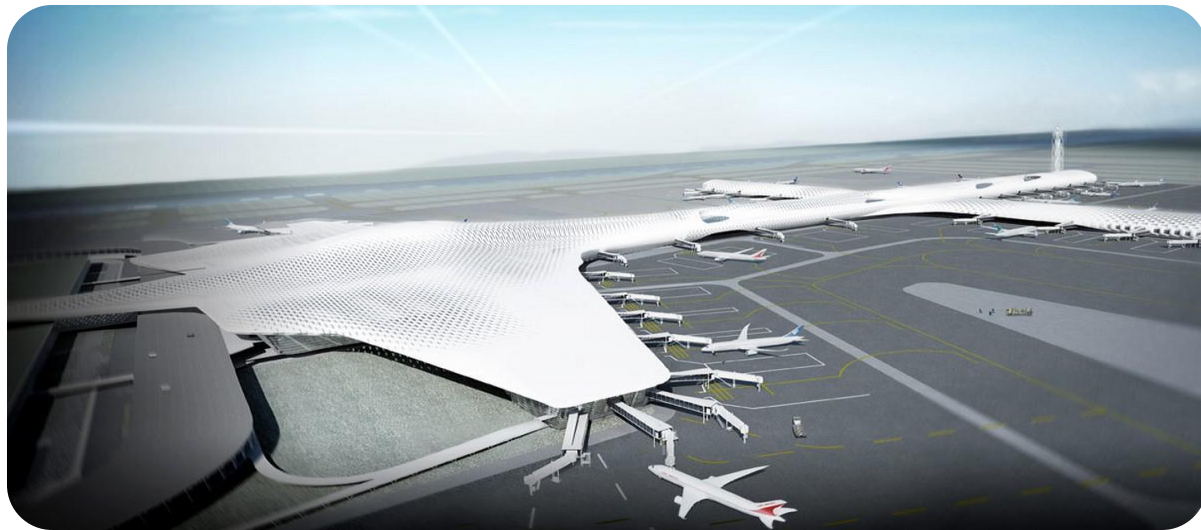




# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

### Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης της Κατανομής Πόρων για την Αναβάθμιση των Σπουδαιότερων Αερολιμένων στην Ελλάδα



#### Επιβλέποντες Καθηγητές:

Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ  
Νικόλαος Λαγαρός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ  
Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου, Λέκτορας ΕΜΠ

Ειρήνη-Νιόβη Χρήστου

Αθήνα, Ιούλιος 2016



# Στάδια Διπλωματικής Εργασίας

- ✓ Προσδιορισμός Θέματος
- ✓ Καθορισμός Στόχου
- ✓ Βιβλιογραφική Ανασκόπηση
- ✓ Επιλογή Μεθοδολογίας
- ✓ Συλλογή Στοιχείων
- ✓ Εφαρμογή Μεθοδολογίας
- ✓ Περιγραφή Αποτελεσμάτων
- ✓ Συμπεράσματα / Προτάσεις





## Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

- ✓ Στόχος είναι η επίτευξη της βέλτιστης κατανομής πόρων για την αναβάθμιση των σπουδαιότερων ελληνικών αερολιμένων σε χρονικό ορίζοντα 5 ετών.
- ✓ Αναπτύσσεται μοντέλο βελτιστοποίησης το οποίο υπακούει στο γραμμικό ακέραιο προγραμματισμό της μορφής '0-1'.
- ✓ Βασικός άξονας περιορισμού ο ελάχιστος διατιθέμενος προϋπολογισμός.
- ✓ Η επιλογή των αερολιμένων πραγματοποιήθηκε έπειτα συλλογή στοιχείων που αφορούν τη συνολική δυναμική τους.
- ✓ Επιλέγονται 4 ενέργειες αναβάθμισης προς υλοποίηση.





## Βιβλιογραφική Ανασκόπηση 1/2

- Κυριότεροι χώροι διαμερισμού τυπικού αερολιμένα: διάδρομος από-προσγειώσεων, χώρος κίνησης και αναμονής αεροσκαφών, τερματικός σταθμός, χώροι εξυπηρέτησης εκτός αεροδρομίου.
- Οι περισσότεροι αερολιμένες της χώρας εμφανίζουν ελλειπίες υποδομές με μεγαλύτερο αντίκτυπο στον τερματικό σταθμό.
- Στη σημερινή οικονομική κρίση η αναβάθμιση των υποδομών θα αποτελέσει εφαλτήριο για την τόνωση της χώρας.
- Η Επιχειρησιακή Έρευνα είναι συνδεδεμένη άρρηκτα με το πρόβλημα επίλυσης της κατανομής πόρων.





## Βιβλιογραφική Ανασκόπηση 2/2

- Διάφορα μοντέλα βελτιστοποίησης έχουν αναπτυχθεί σε έργα αναβάθμισης και συντήρησης μεταφορών, γεφυρών, οδοστρωμάτων, πεζοδρομίων.
- Ισχυρό σύνολο γραμμικών και μη γραμμικών προσεγγίσεων.
- Πολυκριτηριακά μοντέλα αναβάθμισης αεροδρομίων σε μακρό-κλίμακα και σε μικρό-κλίμακα δε σχετίζονται με την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση του διαθέσιμου προϋπολογισμού.
- Δεν έχει πραγματοποιηθεί ποτέ ξανά συνολική προσπάθεια αναβάθμισης των σπουδαιότερων ελληνικών αερολιμένων.





# Θεωρητικό Υπόβαθρο 1/3

## Γραμμικός Προγραμματισμός

### Προϋποθέσεις

- ✓ Γραμμικότητα
- ✓ Αναλογικότητα
- ✓ Προσθετικότητα
- ✓ Διαιρετότητα
- ✓ Βεβαιότητα

### Μαθηματικό Μοντέλο

- ✓ Αντικειμενική Συνάρτηση

$$\max/\min (c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n)$$

- ✓ Περιορισμοί

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \{ \leq, =, \geq \}$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \{ \leq, =, \geq \}$$

⋮

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \{ \leq, =, \geq \}$$

και

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$$





## Θεωρητικό Υπόβαθρο 2/3

### Μέθοδος SIMPLEX

✓Επιλύει το πρόβλημα του γραμμικού προγραμματισμού με επαναλήψεις. Η διαδικασία τελειώνει όταν καμία περαιτέρω βελτίωση δε μπορεί να πραγματοποιηθεί.

### Γραμμικός Προγραμματισμός μέσω υπολογιστικών πακέτων

- ✓Solver
- ✓Lindo
- ✓Libre Office







## Θεωρητικό Υπόβαθρο 3/3

### Ακέραιος Προγραμματισμός

- ✓ Προβλήματα Γραμμικού Προγραμματισμού των οποίων όλες ή μερικές από τις μεταβλητές λαμβάνουν ακέραιες (διακριτές) τιμές.

### Δυαδικός Ακέραιος Προγραμματισμός

- ✓ Πρόβλημα της εκχώρησης μεταβλητών οι οποίες λαμβάνουν μόνο δύο πιθανές τιμές, 'ναι' ή 'όχι' ('yes' or 'no').

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{εάν η } i - \text{οστή απόφαση είναι 'ναι'} \\ 0, & \text{εάν η } i - \text{οστή απόφαση είναι 'όχι'} \end{cases}$$

- ✓ Τέτοιες μεταβλητές ονομάζονται δυαδικές μεταβλητές (binary variables) ή '0 – 1' μεταβλητές.







# Συλλογή Στοιχείων 1/4

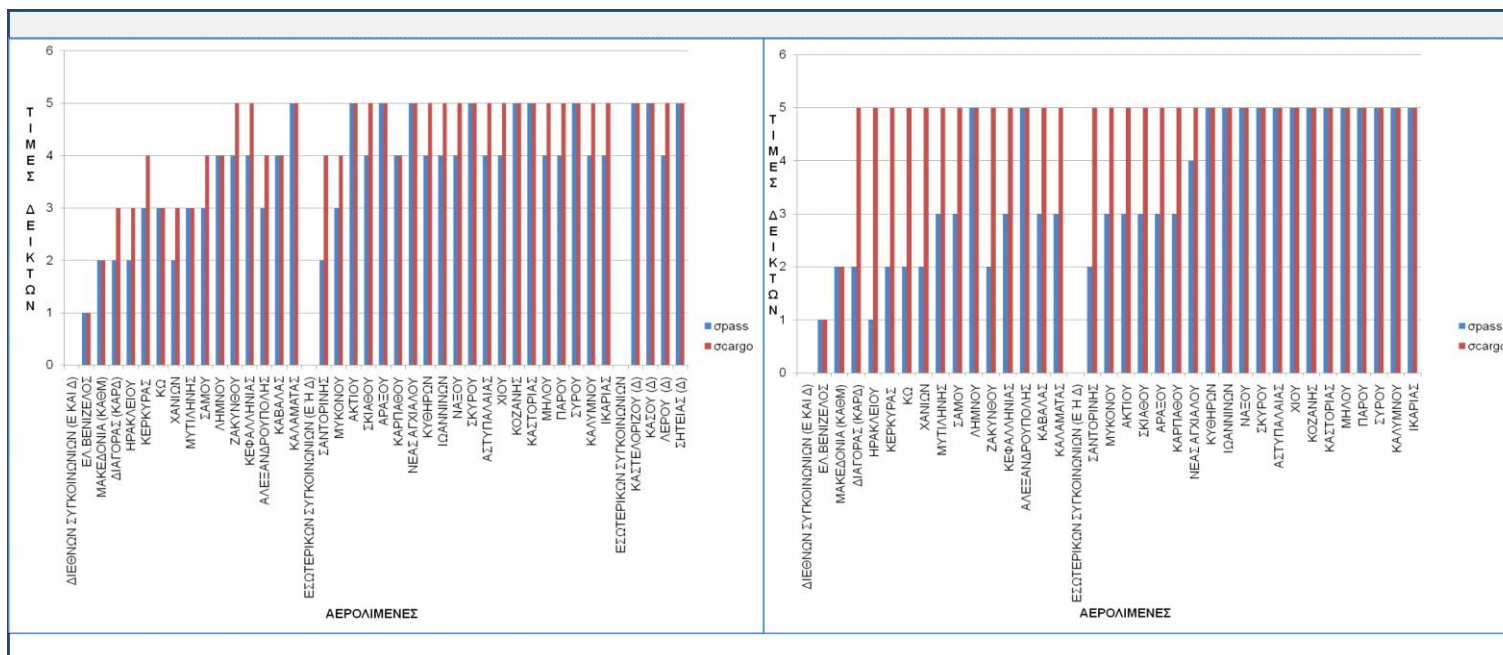
Οι 20 σημαντικότεροι ελληνικοί αερολιμένες

- 
- |                    |                |
|--------------------|----------------|
| 1. Θεσσαλονίκης    | 11. Ζακύνθου   |
| 2. Ρόδου           | 12. Σάμου      |
| 3. Ηρακλείου       | 13. Καβάλας    |
| 4. Κέρκυρας        | 14. Καλαμάτας  |
| 5. Κω              | 15. Σαντορίνης |
| 6. Αλεξανδρούπολης | 16. Μυκόνου    |
| 7. Μυτιλήνης       | 17. Ακτίου     |
| 8. Λήμνου          | 18. Σκιάθου    |
| 9. Χανίων          | 19. Πάρου      |
| 10. Κεφαλληνίας    | 20. Χίου       |



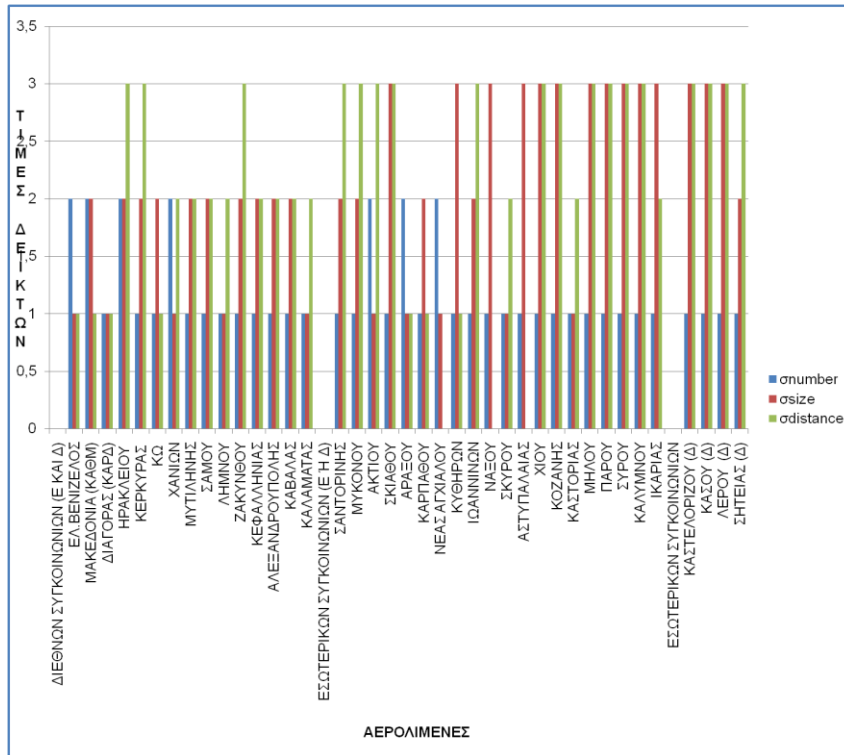
## Συλλογή Στοιχείων 2/4

- Εξαγωγή συμπερασμάτων μέσω στατιστικών στοιχείων της ΕΛ.ΣΤΑΤ. και της ΥΠΑ που αφορούν επισκεψιμότητα, μέγεθος, δυναμική και οικονομικό κύκλο κάθε αερολιμένα στο διάστημα 2010-2015.
- Κατηγοριοποίηση αυτών μέσω των δεικτών της επιβατικής και εμπορευματικής κίνησης, του μήκους και αριθμού των διαδρόμων και της απόστασης από τα αστικά κέντρα.





## Συλλογή Στοιχείων 3/4



- Με τα προαναφερθέντα στοιχεία, δίδεται έμφαση στους δεκατέσσερις αερολιμένες εσωτερικών και διεθνών συγκοινωνιών καθώς και στους έξι διεθνών ή εσωτερικών συγκοινωνιών.
- Θα γίνει η προσπάθεια της μόρφωσης ενός δείκτη, ο οποίος θα αποτελεί τον πρώτο δείκτη σπουδαιότητας του κάθε αερολιμένα στον οποίο θα έχουν ληφθεί υπόψη οι παραπάνω συντελεστές.



# Συλλογή Στοιχείων 4/4

## Ενέργειες Αναβάθμισης

- Αναβάθμιση διαδρόμων από-προσγειώσεων
- Αναβάθμιση χώρων κινήσεων και αναμονής αεροσκαφών
- Αναβάθμιση τερματικού σταθμού
- Αναβάθμιση χώρων εξυπηρέτησης για εκτός αεροδρομίου

✓Οι ενέργειες με την πραγματοποίησή τους θα επιφέρουν μία μεταβολή στον κάθε αερολιμένα ξεχωριστά, αναμφισβήτητα μεταβολή βελτίωσης, μεγαλύτερη ή μικρότερη, εξαρτώμενη από το ποια θα είναι η ενέργεια αυτή, υποδηλώνοντας έτσι το δεύτερο σημαντικό δείκτη της μεταβολής της απόδοσης.





# Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης 1/6

## Αντικειμενική Συνάρτηση

σημαντικότητα \* ενέργεια \* μεταβολή απόδοσης

δηλαδή



$$\text{MAX}(B_{ijk} \times X_{ijk} \times \Delta X_{ijk})$$

i: αερολιμένας

j: χρονιά αναβάθμισης

k: ενέργεια

$B_{ijk}$ : δείκτης σημαντικότητας αερολιμένα

$X_{ijk}$ : μεταβλητή που παίρνει τιμές 1 ή 0

$\Delta X_{ijk}$ : δείκτης μεταβολής απόδοσης αερολιμένα

## Περιορισμός Κεφαλαίου

$$\sum (X_{ijk} * C_{ijk}) \leq M$$

$X_{ijk}$ : μεταβλητή που παίρνει τιμές 1 ή 0

$C_{ijk}$ : κόστος κάθε ενέργειας

$M$ : διαθέσιμος προϋπολογισμός

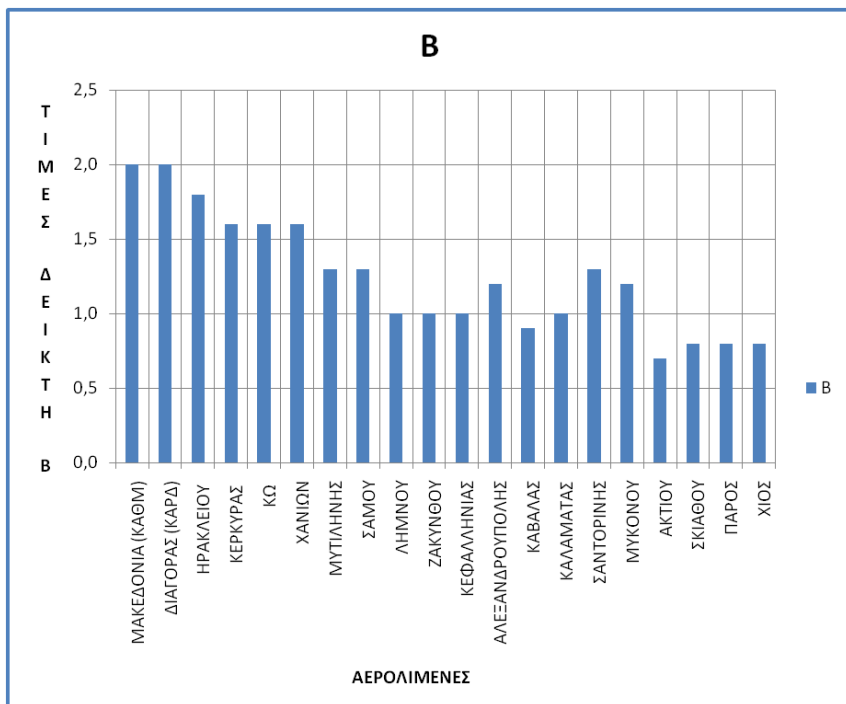
Συνολικά προκύπτουν 20 αερολιμένες \* 4 ενέργειες \* 5 έτη = 400 μεταβλητές



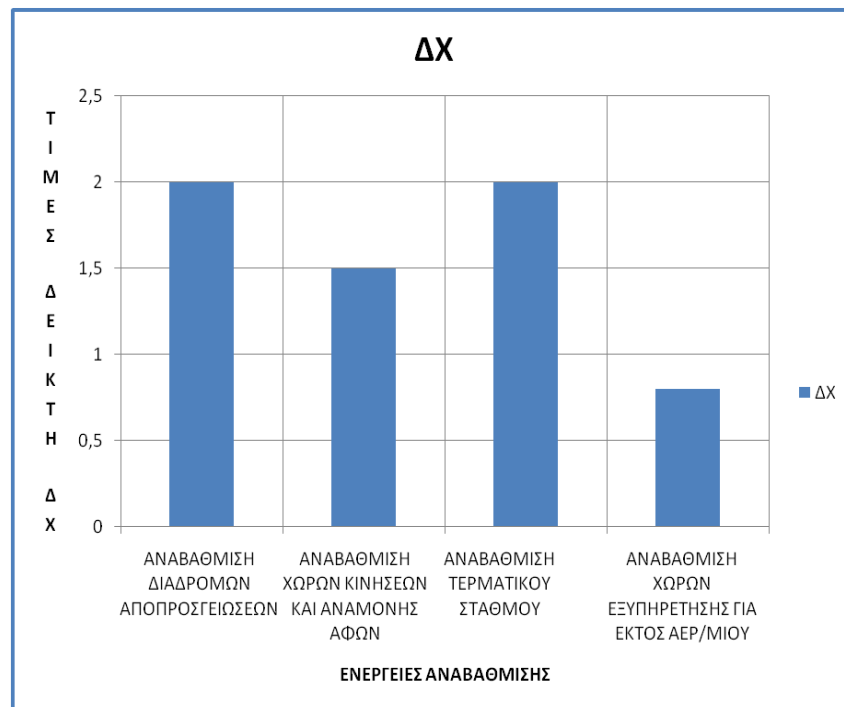
# Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης 2/6

## Προσδιορισμός των δεικτών σημαντικότητας και μεταβολής απόδοσης κάθε αερολιμένα

Δείκτης σημαντικότητας  
/ αερολιμένα



Δείκτης μεταβολής απόδοσης  
/ αερολιμένα





# Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης 3/6

## ➤ Τρία διαφορετικά σενάρια προϋπολογισμού:

- ✓ Χαμηλός: 18.000.000€ / έτος
- ✓ Μεσαίος: 38.000.000€ / έτος
- ✓ Υψηλός: 72.000.000€ / έτος

## ➤ Προσδιορισμός του συντελεστή δαπανών C για κάθε ενέργεια αναβάθμισης ξεχωριστά:

| ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ k                                      | ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ<br>ΔΑΠΑΝΩΝ | C=ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣxΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ |                           |                          |
|--------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ             | 0,4                    | 7.200.000 €                  | 15.200.000 €              | 28.800.000 €             |
| ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΑΦΩΝ      | 0,1                    | 1.800.000 €                  | 3.800.000 €               | 7.200.000 €              |
| ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ                    | 0,4                    | 7.200.000 €                  | 15.200.000 €              | 28.800.000 €             |
| ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ | 0,1                    | 1.800.000 €                  | 3.800.000 €               | 7.200.000 €              |
|                                                  |                        | ΧΑΜΗΛΟΣ<br>ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ    | ΜΕΣΑΙΟΣ<br>ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ | ΥΨΗΛΟΣ<br>ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ |





## Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης 4/6

- **Πρώτη θεώρηση:** ο διατιθέμενος προϋπολογισμός κατανέμεται ανάλογα με τη σπουδαιότητα του κάθε αερολιμένα και τη δαπάνη της κάθε ενέργειας. ➡  $\sum (X_{ijk} * C_{ijk}) \leq M$
- **Δεύτερη θεώρηση:** σε κάθε αερολιμένα αντιστοιχεί ένα ποσοστό του διατιθέμενου προϋπολογισμού, τα ποσοστά αυτά αποτελούν ένα ελάχιστο ποσοστό χρησιμοποίησης των αερολιμένων που απαιτείται για την κάλυψη των αναγκών τους. ➡  $\sum (X_{ijk} * C_{ijk} * K) \leq M$

| i  | ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ      | K * 100% |
|----|------------------|----------|
| 1  | ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ) | 0,625    |
| 2  | ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)  | 0,625    |
| 3  | ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ        | 0,3      |
| 4  | ΚΕΡΚΥΡΑΣ         | 0,3      |
| 5  | ΚΩ               | 0,3      |
| 6  | ΧΑΝΙΩΝ           | 0,3      |
| 7  | ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ        | 0,25     |
| 8  | ΣΑΜΟΥ            | 0,25     |
| 9  | ΛΗΜΝΟΥ           | 0,15625  |
| 10 | ΖΑΚΥΝΘΟΥ         | 0,15625  |
| 11 | ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ      | 0,15625  |
| 12 | ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ  | 0,25     |
| 13 | ΚΑΒΑΛΑΣ          | 0,135    |
| 14 | ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ        | 0,15625  |
| 15 | ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ       | 0,25     |
| 16 | ΜΥΚΟΝΟΥ          | 0,25     |
| 17 | ΑΚΤΙΟΥ           | 0,122    |
| 18 | ΣΚΙΑΘΟΥ          | 0,123    |
| 19 | ΠΑΡΟΣ            | 0,123    |
| 20 | ΧΙΟΣ             | 0,123    |



## Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης 5/6

➤ **Τρίτη θεώρηση:** Ορίσθηκε για τον κάθε αερολιμένα ένα ελάχιστο ιδανικό ποσό που απαιτείται για την κάλυψη όλων των αναγκών του κατά τη διάρκεια της εξεταζόμενης πενταετίας, ένα αυξανόμενο κατά 26% από αρχικό και ένα υψηλό κατά 60% για την κάλυψη των αναγκών του. ➡  $\sum (X_{ijk} * \text{συντελεστής δαπανών } j * k_i) \leq M$

|                                |                  | 1η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ  | 2η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ  | 3η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ  |
|--------------------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|
| i                              | ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ      | Δαπάνες ki    | Δαπάνες ki    | Δαπάνες ki    |
| 1                              | ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ) | 24.000.000 €  | 25.000.000 €  | 32.000.000 €  |
| 2                              | ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)  | 20.000.000 €  | 23.000.000 €  | 29.440.000 €  |
| 3                              | ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ        | 21.000.000 €  | 22.000.000 €  | 28.160.000 €  |
| 4                              | ΚΕΡΚΥΡΑΣ         | 17.000.000 €  | 19.000.000 €  | 24.320.000 €  |
| 5                              | ΚΩ               | 17.000.000 €  | 19.000.000 €  | 24.320.000 €  |
| 6                              | ΧΑΝΙΩΝ           | 19.500.000 €  | 22.000.000 €  | 28.160.000 €  |
| 7                              | ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ        | 14.500.000 €  | 16.000.000 €  | 20.480.000 €  |
| 8                              | ΣΑΜΟΥ            | 14.500.000 €  | 16.000.000 €  | 20.480.000 €  |
| 9                              | ΛΗΜΝΟΥ           | 9.000.000 €   | 17.000.000 €  | 21.760.000 €  |
| 10                             | ΖΑΚΥΝΘΟΥ         | 9.000.000 €   | 14.000.000 €  | 17.920.000 €  |
| 11                             | ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ      | 9.000.000 €   | 14.000.000 €  | 17.920.000 €  |
| 12                             | ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ  | 13.500.000 €  | 15.000.000 €  | 19.200.000 €  |
| 13                             | ΚΑΒΑΛΑΣ          | 8.000.000 €   | 10.000.000 €  | 12.800.000 €  |
| 14                             | ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ        | 9.000.000 €   | 16.000.000 €  | 20.480.000 €  |
| 15                             | ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ       | 8.000.000 €   | 10.000.000 €  | 12.800.000 €  |
| 16                             | ΜΥΚΟΝΟΥ          | 8.000.000 €   | 10.000.000 €  | 12.800.000 €  |
| 17                             | ΑΚΤΙΟΥ           | 10.000.000 €  | 17.000.000 €  | 21.760.000 €  |
| 18                             | ΣΚΙΑΘΟΥ          | 5.000.000 €   | 9.000.000 €   | 11.520.000 €  |
| 19                             | ΠΑΡΟΣ            | 5.000.000 €   | 9.000.000 €   | 11.520.000 €  |
| 20                             | ΧΙΟΣ             | 5.000.000 €   | 9.000.000 €   | 11.520.000 €  |
| ΣΥΝΟΛΟ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ<br>ΑΝΑΓΚΩΝ |                  | 246.000.000 € | 312.000.000 € | 399.360.000 € |



# Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης 6/6

## Επιπρόσθετοι Περιορισμοί και Υποθέσεις

- Για κάθε περίπτωση βελτιστοποίησης το μοντέλο επιλύεται 2 φορές, μία φορά χωρίς μετακύλιση προϋπολογισμού όπου αντιστοιχεί σε σταθερό κεφάλαιο ανά έτος και μία φορά με μετακύλιση.
- Κάθε ενέργεια αναβάθμισης πραγματοποιείται μία φορά στον χρονικό κύκλο της πενταετίας.
- Η άμεση και επιτακτική ανάγκη για αναβάθμιση του τερματικού σταθμού όλων των αερολιμένων της χώρας επιβάλλει αρχικά την παραπάνω ενέργεια να προηγείται των υπολοίπων.

**Συνολικά πραγματοποιήθηκαν  
84 συνδυασμοί σεναρίων.**





# Ανάλυση αποτελεσμάτων 1/4

## Πρώτη θεώρηση

Ο προϋπολογισμός κατανέμεται στους αερολιμένες με βασικό κριτήριο τη σπουδαιότητά τους

## Δεύτερη θεώρηση

Σε κάθε αερολιμένα αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο ποσοστό από τον διατιθέμενο προϋπολογισμό ανεξάρτητα από το ποιος είναι αυτός

| ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΟΠΟΥ Ο ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΙΣΟΜΟΙΡΑΖΕΤΑΙ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΣΠΟΥΔΑΙΟΥΤΗΤΑ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΚΑΙ ΔΑΠΑΝΗ ΤΗΣ ΚΑΘΕ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΚΑΘΕ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ |                                    |                          |                         |                       |                       |                      |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--|--|--|
|                                                                                                                                    | XX                                 | MX                       | YX                      | XM                    | MM                    | YM                   |  |  |  |
|                                                                                                                                    | ΧΑΜΗΛΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ           | ΜΕΣΑΙΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ | ΥΨΗΛΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ | ΧΑΜΗΛΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ | ΜΕΣΑΙΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ | ΥΨΗΛΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ |  |  |  |
| ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ                                                                                                                        | SUM                                | SUM                      | SUM                     | SUM                   | SUM                   | SUM                  |  |  |  |
| 1 ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑΘΜ)                                                                                                                 | 3                                  | 4                        | 3                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 2 ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ)                                                                                                                  | 4                                  | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 3 ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ                                                                                                                        | 3                                  | 3                        | 3                       | 3                     | 3                     | 3                    |  |  |  |
| 4 ΚΕΡΚΥΡΑΣ                                                                                                                         | 3                                  | 3                        | 3                       | 3                     | 3                     | 3                    |  |  |  |
| 5 ΚΩ                                                                                                                               | 3                                  | 3                        | 3                       | 3                     | 3                     | 3                    |  |  |  |
| 6 ΧΑΝΙΩΝ                                                                                                                           | 3                                  | 3                        | 3                       | 3                     | 3                     | 3                    |  |  |  |
| 7 ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ                                                                                                                        | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 3                     | 0                    |  |  |  |
| 8 ΣΑΜΟΥ                                                                                                                            | 2                                  | 0                        | 2                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 9 ΛΗΜΝΟΥ                                                                                                                           | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 10 ΖΑΚΥΝΘΟΥ                                                                                                                        | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 11 ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ                                                                                                                     | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 12 ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟΛΗΣ                                                                                                                 | 2                                  | 0                        | 2                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 13 ΚΑΒΑΛΑΣ                                                                                                                         | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 14 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ                                                                                                                       | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 15 ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ                                                                                                                      | 0                                  | 3                        | 0                       | 3                     | 0                     | 3                    |  |  |  |
| 16 ΜΥΚΟΝΟΥ                                                                                                                         | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 17 ΑΚΤΙΟΥ                                                                                                                          | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 18 ΣΚΙΑΘΟΥ                                                                                                                         | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 19 ΠΑΡΟΣ                                                                                                                           | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| 20 ΧΙΟΣ                                                                                                                            | 0                                  | 0                        | 0                       | 0                     | 0                     | 0                    |  |  |  |
| ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ                                                                                                                   | 23                                 | 23                       | 23                      | 23                    | 23                    | 23                   |  |  |  |
| ΕΞΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟ                                                                                                                  | 18.000.000 €                       | 38.000.000 €             | 72.000.000 €            | 90.000.000 €          | 190.000.000 €         | 360.000.000 €        |  |  |  |
|                                                                                                                                    | ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΕΞΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟ ΕΤΟΥΣ |                          |                         | ΠΟΣΟ 5 ΕΤΙΑΣ          |                       |                      |  |  |  |

| ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΟΠΟΥ ΣΕ ΚΑΘΕ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΑ ΘΑ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΙ ΠΑΝΤΑ ΈΝΑ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟ ΤΟΝ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟ |                               |                          |                         |                       |                       |                      |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--|--|--|
|                                                                                                                 | XX                            | MX                       | YX                      | XM                    | MM                    | YM                   |  |  |  |
|                                                                                                                 | ΧΑΜΗΛΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ      | ΜΕΣΑΙΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ | ΥΨΗΛΟΣ ΧΩΡΙΣ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ | ΧΑΜΗΛΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ | ΜΕΣΑΙΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ | ΥΨΗΛΟΣ ΜΕ ΜΕΤΑΚΥΛΙΣΗ |  |  |  |
| ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΕΣ                                                                                                     | SUM                           | SUM                      | SUM                     | SUM                   | SUM                   | SUM                  |  |  |  |
| 1 ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ (ΚΑ                                                                                                 | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 2 ΔΙΑΓΟΡΑΣ (ΚΑΡΔ                                                                                                | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 3 ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ                                                                                                     | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 4 ΚΕΡΚΥΡΑΣ                                                                                                      | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 5 ΚΩ                                                                                                            | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 6 ΧΑΝΙΩΝ                                                                                                        | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 7 ΜΥΤΙΛΗΝΗΣ                                                                                                     | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 8 ΣΑΜΟΥ                                                                                                         | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 9 ΛΗΜΝΟΥ                                                                                                        | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 10 ΖΑΚΥΝΘΟΥ                                                                                                     | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 11 ΚΕΦΑΛΛΗΝΙΑΣ                                                                                                  | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 12 ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΟ                                                                                                 | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 13 ΚΑΒΑΛΑΣ                                                                                                      | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 14 ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ                                                                                                    | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 15 ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ                                                                                                   | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 16 ΜΥΚΟΝΟΥ                                                                                                      | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 17 ΑΚΤΙΟΥ                                                                                                       | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 18 ΣΚΙΑΘΟΥ                                                                                                      | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 19 ΠΑΡΟΣ                                                                                                        | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| 20 ΧΙΟΣ                                                                                                         | 4                             | 4                        | 4                       | 4                     | 4                     | 4                    |  |  |  |
| ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ                                                                                                | 80                            | 80                       | 80                      | 80                    | 80                    | 80                   |  |  |  |
| ΕΞΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΠΟΣΟ                                                                                               | 17.923.500 €                  | 37.961.050 €             | 71.694.000 €            | 89.118.000 €          | 188.138.000 €         | 356.472.000 €        |  |  |  |
|                                                                                                                 | ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟ ΕΞΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟ ΕΤΟΥΣ |                          |                         | ΠΟΣΟ 5 ΕΤΙΑΣ          |                       |                      |  |  |  |



# Ανάλυση αποτελεσμάτων 2/4

## Τρίτη θεώρηση

Σε κάθε αερολιμένα αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο ποσό για την κάλυψη της συντήρησης και αναβάθμισής του κατά τη διάρκεια πενταετίας

| ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ | ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ<br>ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ | ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΧΙΚΟΥ ΔΙΑΘΕΣΙΜΟΥ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ | ΜΕΓΙΣΤΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗΣ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟΥΣ 3 ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΣ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΣ | ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 246.000.000 €                                          | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 18.000.000€/έτος                         | 73,01                                   | 44                                        | 3                                                                             | 13                                                                                 | 1.700.000                                 |
|                                                        | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 90.000.000€/πενταετία                    | 74,3                                    | 44                                        | 3                                                                             | 13                                                                                 | 200.000                                   |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 38.000.000€/έτος                         | 132,27                                  | 72                                        | 9                                                                             | 20                                                                                 | 200.000                                   |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 190.000.000€/πενταετία                   | 132,51                                  | 71                                        | 10                                                                            | 20                                                                                 | 0                                         |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση            | 72.000.000€/έτος                         | 156,87                                  | 80                                        | 16                                                                            | 20                                                                                 | 114.000.000                               |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση               | 360.000.000€/πενταετία                   | 156,87                                  | 80                                        | 16                                                                            | 20                                                                                 | 114.000.000                               |
| 312.000.000 €                                          | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 18.000.000€/έτος                         | 57,76                                   | 30                                        | 8                                                                             | 10                                                                                 | 900.000                                   |
|                                                        | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 90.000.000€/πενταετία                    | 58,6                                    | 31                                        | 5                                                                             | 10                                                                                 | 200.000                                   |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 38.000.000€/έτος                         | 111,36                                  | 60                                        | 9                                                                             | 18                                                                                 | 400.000                                   |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 190.000.000€/πενταετία                   | 111,36                                  | 60                                        | 9                                                                             | 18                                                                                 | 400.000                                   |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση            | 72.000.000€/έτος                         | 156,87                                  | 80                                        | 16                                                                            | 20                                                                                 | 48.000.000                                |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση               | 360.000.000€/πενταετία                   | 156,87                                  | 80                                        | 16                                                                            | 20                                                                                 | 48.000.000                                |
| 399.360.000 €                                          | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 18.000.000€/έτος                         | 44,77                                   | 24                                        | 3                                                                             | 9                                                                                  | 2.192.000                                 |
|                                                        | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 90.000.000€/πενταετία                    | 46,7                                    | 24                                        | 3                                                                             | 9                                                                                  | 144.000                                   |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 38.000.000€/έτος                         | 90,9                                    | 46                                        | 9                                                                             | 15                                                                                 | 1.328.000                                 |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 190.000.000€/πενταετία                   | 91,86                                   | 47                                        | 9                                                                             | 15                                                                                 | 48.000                                    |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση            | 72.000.000€/έτος                         | 147,18                                  | 73                                        | 16                                                                            | 19                                                                                 | 1.728.000                                 |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση               | 360.000.000€/πενταετία                   | 147,82                                  | 73                                        | 16                                                                            | 19                                                                                 | 448.000                                   |

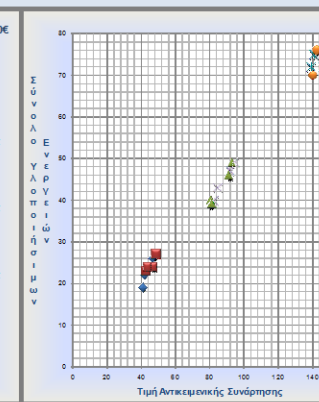
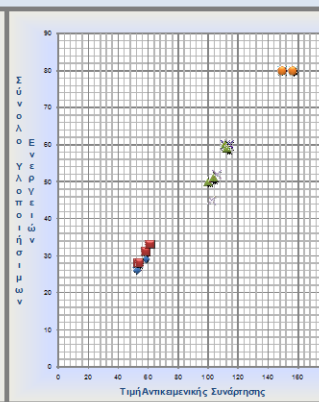
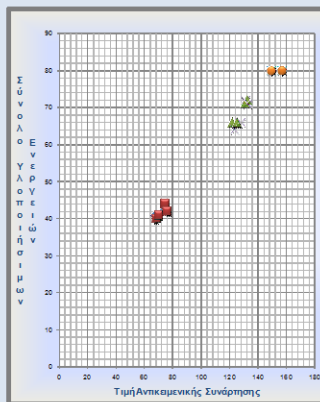
| ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ | ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ<br>ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ | ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ | ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΟΥΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΟΥΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΣ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ | ΦΟΡΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ | ΦΟΡΕΣ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ/ ΣΥΝΟΛΟ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ/ ΣΥΝΟΛΟ ΥΛΟΠΟΙΗΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 246.000.000 €                                          | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 2.045.454,55 €                                       | 0,07                                                                                    | 0,27                                                                     | 0,41                                                                      |
|                                                        | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 2.045.454,55 €                                       | 0,05                                                                                    | 0,27                                                                     | 0,41                                                                      |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 2.638.888,89 €                                       | 0,08                                                                                    | 0,26                                                                     | 0,44                                                                      |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 2.676.056,34 €                                       | 0,10                                                                                    | 0,27                                                                     | 0,45                                                                      |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση            | 4.500.000,00 €                                       | 0,20                                                                                    | 0,25                                                                     | 0,50                                                                      |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση               | 4.500.000,00 €                                       | 0,20                                                                                    | 0,25                                                                     | 0,50                                                                      |
| 312.000.000 €                                          | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 3.000.000,00 €                                       | 0,07                                                                                    | 0,37                                                                     | 0,37                                                                      |
|                                                        | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 2.903.225,81 €                                       | 0,06                                                                                    | 0,35                                                                     | 0,39                                                                      |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 3.166.666,67 €                                       | 0,13                                                                                    | 0,23                                                                     | 0,40                                                                      |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 3.166.666,67 €                                       | 0,13                                                                                    | 0,25                                                                     | 0,40                                                                      |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση            | 4.500.000,00 €                                       | 0,20                                                                                    | 0,25                                                                     | 0,50                                                                      |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση               | 4.500.000,00 €                                       | 0,20                                                                                    | 0,25                                                                     | 0,50                                                                      |
| 399.360.000 €                                          | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 3.750.000,00 €                                       | 0,13                                                                                    | 0,33                                                                     | 0,42                                                                      |
|                                                        | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 3.750.000,00 €                                       | 0,08                                                                                    | 0,38                                                                     | 0,42                                                                      |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 4.130.434,78 €                                       | 0,13                                                                                    | 0,28                                                                     | 0,37                                                                      |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 4.042.553,19 €                                       | 0,15                                                                                    | 0,30                                                                     | 0,36                                                                      |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση            | 4.931.506,85 €                                       | 0,22                                                                                    | 0,26                                                                     | 0,49                                                                      |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση               | 4.931.506,85 €                                       | 0,22                                                                                    | 0,26                                                                     | 0,49                                                                      |

|                                                        |                                                   | Ενέργεια 1                                                         | Ενέργεια 2                                                                 | Ενέργεια 3                                                 | Ενέργεια 4                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΔΑΠΑΝΕΣ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗΣ ΑΕΡΟΛΙΜΕΝΩΝ | ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ<br>ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ | ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ ΑΠΟ-ΠΡΟΣΓΕΙΩΣΕΩΝ ΔΧ=2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4 | ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΜΟΝΗΣ ΑΦΩΝ ΔΧ=1,5 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1 | ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΣΤΑΣΘΟΥ ΔΧ=2 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,4 | ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΧΩΡΩΝ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗΣ ΓΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΕΡ/ΜΙΟΥ ΔΧ=0,8 ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΔΑΠΑΝΩΝ=0,1 | SUM |
| 246.000.000 €                                          | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 5                                                                  | 13                                                                         | 13                                                         | 13                                                                              | 44  |
|                                                        | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 5                                                                  | 13                                                                         | 13                                                         | 13                                                                              | 44  |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 12                                                                 | 20                                                                         | 20                                                         | 20                                                                              | 72  |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 12                                                                 | 20                                                                         | 20                                                         | 19                                                                              | 71  |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση            | 20                                                                 | 20                                                                         | 20                                                         | 20                                                                              | 80  |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση               | 20                                                                 | 20                                                                         | 20                                                         | 20                                                                              | 80  |
| 312.000.000 €                                          | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 1                                                                  | 10                                                                         | 10                                                         | 9                                                                               | 30  |
|                                                        | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 2                                                                  | 10                                                                         | 10                                                         | 9                                                                               | 31  |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 6                                                                  | 18                                                                         | 18                                                         | 18                                                                              | 60  |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 6                                                                  | 18                                                                         | 18                                                         | 18                                                                              | 60  |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση            | 20                                                                 | 20                                                                         | 20                                                         | 20                                                                              | 80  |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση               | 20                                                                 | 20                                                                         | 20                                                         | 20                                                                              | 80  |
| 399.360.000 €                                          | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 1                                                                  | 9                                                                          | 9                                                          | 5                                                                               | 24  |
|                                                        | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 1                                                                  | 9                                                                          | 9                                                          | 5                                                                               | 24  |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση           | 2                                                                  | 15                                                                         | 15                                                         | 14                                                                              | 46  |
|                                                        | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση              | 2                                                                  | 15                                                                         | 15                                                         | 15                                                                              | 47  |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση            | 17                                                                 | 19                                                                         | 19                                                         | 18                                                                              | 73  |
|                                                        | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση               | 17                                                                 | 19                                                                         | 19                                                         | 18                                                                              | 73  |



# Ανάλυση αποτελεσμάτων 3/4

| ΕΠΕΝΔΥΣΕΙΣ ΠΕΝΤΑΕΤΙΑΣ                       |                                         |                                         | 246.000.000 €                         |                                           |                                                          |                                                                                  |                                           |                                       | 312.000.000 €                             |                                                          |                                                                                  |                                           | 399.360.000 €                         |                                           |                                                          |                                                                                  |                                           |  |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--|
| ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ                                 | ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ                     | ΣΥΝΟΛΟ ΑΡΙΘΜΟΥ ΔΙΑΣΕΙΣΟΥ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ | ΜΕΓΕΘΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΑΕΡΩΜΕΝΩΣ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΩΜΕΝΩΣ | ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ | ΜΕΓΕΘΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΑΕΡΩΜΕΝΩΣ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΩΜΕΝΩΣ | ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ | ΜΕΓΕΘΗ ΤΙΜΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΙΚΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗΣ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΩΝ ΑΕΡΩΜΕΝΩΣ | ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΑΡΙΘΜΟΣ ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟΤΕΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΟΛΟΥΣ ΤΟΥΣ ΑΕΡΩΜΕΝΩΣ | ΣΥΝΟΛΟ ΜΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΙΜΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΣΕ ΕΥΡΩ |  |
|                                             | ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ Α ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ                 |                                         |                                       |                                           |                                                          |                                                                                  |                                           |                                       |                                           |                                                          |                                                                                  |                                           |                                       |                                           |                                                          |                                                                                  |                                           |  |
| ΑΡΧΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ                            | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση | 18.000.000€                             | 73,01                                 | 44                                        | 3                                                        | 13                                                                               | 1.700.000                                 | 57,76                                 | 30                                        | 8                                                        | 10                                                                               | 900.000                                   | 44,77                                 | 24                                        | 3                                                        | 9                                                                                | 2.192.000                                 |  |
|                                             | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση    | 90.000.000€                             | 74,3                                  | 44                                        | 3                                                        | 13                                                                               | 200.000                                   | 58,6                                  | 31                                        | 5                                                        | 10                                                                               | 200.000                                   | 46,7                                  | 24                                        | 3                                                        | 9                                                                                | 144.000                                   |  |
|                                             | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση | 38.000.000€                             | 132,27                                | 72                                        | 9                                                        | 20                                                                               | 200.000                                   | 111,36                                | 60                                        | 9                                                        | 18                                                                               | 400.000                                   | 90,9                                  | 46                                        | 9                                                        | 15                                                                               | 1.328.000                                 |  |
|                                             | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση    | 190.000.000€                            | 132,51                                | 71                                        | 10                                                       | 20                                                                               | 0                                         | 111,36                                | 60                                        | 9                                                        | 18                                                                               | 400.000                                   | 91,86                                 | 47                                        | 9                                                        | 15                                                                               | 48.000                                    |  |
|                                             | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση  | 72.000.000€                             | 156,87                                | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 114.000.000                               | 156,87                                | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 48.000.000                                | 147,18                                | 73                                        | 16                                                       | 19                                                                               | 1.728.000                                 |  |
|                                             | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση     | 300.000.000€                            | 156,87                                | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 114.000.000                               | 156,87                                | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 48.000.000                                | 147,82                                | 73                                        | 16                                                       | 19                                                                               | 448.000                                   |  |
| ΠΡΩΤΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ                       | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση | 18.000.000€                             | 67,57                                 | 41                                        | 3                                                        | 9                                                                                | 700.000                                   | 52,36                                 | 27                                        | 2                                                        | 3                                                                                | 1.400.000                                 | 40,83                                 | 19                                        | 3                                                        | 2                                                                                | 2.064.000                                 |  |
|                                             | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση    | 90.000.000€                             | 68,37                                 | 40                                        | 2                                                        | 10                                                                               | 0                                         | 53,04                                 | 28                                        | 2                                                        | 3                                                                                | 0                                         | 42,65                                 | 23                                        | 2                                                        | 2                                                                                | 400.000                                   |  |
|                                             | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση | 38.000.000€                             | 121,75                                | 66                                        | 6                                                        | 15                                                                               | 1.400.000                                 | 100,26                                | 50                                        | 8                                                        | 12                                                                               | 2.100.000                                 | 80,55                                 | 40                                        | 6                                                        | 9                                                                                | 3.376.000                                 |  |
|                                             | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση    | 190.000.000€                            | 123,39                                | 64                                        | 7                                                        | 15                                                                               | 0                                         | 102,22                                | 45                                        | 8                                                        | 12                                                                               | 0                                         | 82,55                                 | 40                                        | 7                                                        | 8                                                                                | 176.000                                   |  |
|                                             | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση  | 72.000.000€                             | 149,4                                 | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 114.000.000                               | 149,4                                 | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 34.000.000                                | 138,91                                | 72                                        | 16                                                       | 17                                                                               | 3.520.000                                 |  |
|                                             | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση     | 300.000.000€                            | 149,4                                 | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 114.000.000                               | 149,4                                 | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 48.000.000                                | 140,5                                 | 70                                        | 16                                                       | 18                                                                               | 64.000                                    |  |
| ΔΕΥΤΕΡΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΟΥ ΔΧ                     | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση | 18.000.000€                             | 73,5                                  | 42                                        | 3                                                        | 14                                                                               | 300.000                                   | 58,65                                 | 29                                        | 6                                                        | 10                                                                               | 2.700.000                                 | 46,5                                  | 26                                        | 3                                                        | 9                                                                                | 3.600.000                                 |  |
|                                             | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση    | 90.000.000€                             | 75,6                                  | 42                                        | 6                                                        | 14                                                                               | 0                                         | 61,2                                  | 33                                        | 3                                                        | 11                                                                               | 0                                         | 48,6                                  | 27                                        | 3                                                        | 9                                                                                | 144.000                                   |  |
|                                             | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση | 38.000.000€                             | 130,8                                 | 71                                        | 10                                                       | 20                                                                               | 800.000                                   | 112,8                                 | 59                                        | 9                                                        | 19                                                                               | 1.900.000                                 | 92,85                                 | 49                                        | 9                                                        | 16                                                                               | 2.864.000                                 |  |
|                                             | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση    | 190.000.000€                            | 130,95                                | 72                                        | 9                                                        | 20                                                                               | 200.000                                   | 114                                   | 60                                        | 9                                                        | 19                                                                               | 1.000.000                                 | 94,65                                 | 49                                        | 9                                                        | 16                                                                               | 560.000                                   |  |
|                                             | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση  | 72.000.000€                             | 149,4                                 | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 114.000.000                               | 149,4                                 | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 48.000.000                                | 140,85                                | 75                                        | 11                                                       | 20                                                                               | 6.208.000                                 |  |
|                                             | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση     | 300.000.000€                            | 149,4                                 | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 114.000.000                               | 149,4                                 | 80                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 48.000.000                                | 142,35                                | 76                                        | 16                                                       | 20                                                                               | 576.000                                   |  |
| ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΗ ΣΕΙΡΑ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΕΝΕΡΓΕΙΩΝ | χαμηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση | 18.000.000€                             | 69,43                                 | 40                                        | 4                                                        | 21                                                                               | 600.000                                   | 52,82                                 | 26                                        | 4                                                        | 14                                                                               | 1.900.000                                 | 41,86                                 | 22                                        | 3                                                        | 12                                                                               | 3.216.000                                 |  |
|                                             | χαμηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση    | 90.000.000€                             | 70,04                                 | 41                                        | 4                                                        | 21                                                                               | 400.000                                   | 54,18                                 | 28                                        | 4                                                        | 14                                                                               | 0                                         | 43,47                                 | 24                                        | 4                                                        | 12                                                                               | 400.000                                   |  |
|                                             | μεσαίος προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση | 38.000.000€                             | 125,24                                | 66                                        | 5                                                        | 34                                                                               | 2.300.000                                 | 103,62                                | 51                                        | 8                                                        | 26                                                                               | 4.500.000                                 | 81,23                                 | 39                                        | 7                                                        | 22                                                                               | 2.608.000                                 |  |
|                                             | μεσαίος προϋπολογισμός με μετακύλιση    | 190.000.000€                            | 127,78                                | 66                                        | 8                                                        | 34                                                                               | 0                                         | 105,84                                | 52                                        | 8                                                        | 26                                                                               | 0                                         | 84,64                                 | 43                                        | 4                                                        | 22                                                                               | 48.000                                    |  |
|                                             | υψηλός προϋπολογισμός χωρίς μετακύλιση  | 72.000.000€                             | 156,87                                | 80                                        | 16                                                       | 40                                                                               | 114.000.000                               | 156,87                                | 80                                        | 16                                                       | 40                                                                               | 48.000.000                                | 146,16                                | 72                                        | 16                                                       | 36                                                                               | 4.160.000                                 |  |
|                                             | υψηλός προϋπολογισμός με μετακύλιση     | 300.000.000€                            | 156,87                                | 80                                        | 16                                                       | 40                                                                               | 114.000.000                               | 156,87                                | 80                                        | 16                                                       | 40                                                                               | 48.000.000                                | 146,16                                | 72                                        | 16                                                       | 36                                                                               | 4.160.000                                 |  |







The graph illustrates the evolution of the average number of children per woman in Greece from 1960 to 2000, categorized by migration status. The Y-axis represents the average number of children per woman (0 to 6), and the X-axis represents the year (1960, 1970, 1980, 1990, 2000). The legend identifies eight series: four for 'without migration' (blue, red, green, orange) and four for 'with migration' (purple, teal, dark blue, light blue).

| Year | Blue (w/o) | Red (w/o) | Green (w/o) | Orange (w/o) | Purple (w/) | Teal (w/) | Dark Blue (w/) | Light Blue (w/) |
|------|------------|-----------|-------------|--------------|-------------|-----------|----------------|-----------------|
| 1960 | 2.0        | 1.0       | 1.0         | 2.0          | 1.0         | 1.0       | 1.0            | 1.0             |
| 1970 | 2.0        | 1.0       | 1.0         | 5.0          | 2.0         | 1.0       | 2.0            | 2.0             |
| 1980 | 2.0        | 0.0       | 4.0         | 1.0          | 1.0         | 1.0       | 2.0            | 1.0             |
| 1990 | 2.0        | 1.0       | 1.0         | 1.0          | 2.0         | 3.0       | 2.0            | 2.0             |
| 2000 | 1.0        | 2.0       | 2.0         | 3.0          | 2.0         | 2.0       | 1.0            | 4.0             |

Διάγραμμα γραμμών που απεικονίζει το ποσοστό των γεωργικών νοικοκυριών που διαθέτουν διάφορα είδη μηχανήματα αγροτικής χρήσης, ανά έτος (1990-2005). Το άξονας Y αναπαριστά το ποσοστό (0-6%), ενώ ο άξονας X τα έτη (1990-2005).

| Έτος | Χωρίς προτολόγα χωρίς μετακίνηση | Χωρίς προτολόγα με μετακίνηση | Μηχανήματα συγκομιδής | Χωρίς προτολόγα με μετακίνηση | Χωρίς προτολόγα χωρίς μετακίνηση | Χωρίς προτολόγα με μετακίνηση |
|------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 1990 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |
| 2000 | 1.0                              | 1.0                           | 3.0                   | 4.0                           | 4.0                              | 5.0                           |
| 2005 | 0.0                              | 0.0                           | 2.0                   | 2.0                           | 2.0                              | 1.0                           |
| 2010 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |
| 2015 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |
| 2020 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |
| 2025 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |
| 2030 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |
| 2035 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |
| 2040 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |
| 2045 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |
| 2050 | 1.0                              | 1.0                           | 1.0                   | 1.0                           | 1.0                              | 1.0                           |





## Συμπεράσματα 1/3

- Για πρώτη φορά αναπτύσσεται ένα **μοντέλο βέλτιστης κατανομής πόρων στην Ελλάδα** για τη αναβάθμιση των αερολιμένων με βασικό περιορισμό εκείνου του διαθέσιμου κεφαλαίου.
- Η **μέθοδος του γραμμικού ακέραιου προγραμματισμού** συνετέλεσε στο να καθοριστούν οι επιδράσεις των μεταβολών των διάφορων παραμέτρων του προβλήματος.
- Οι **παράγοντες** που επηρεάζουν αλλά όχι με γραμμικό τρόπο τη βέλτιστη κατανομή των πόρων σε έργα συντήρησης και αναβάθμισης είναι το μέγεθος του προϋπολογισμού, το κόστος των έργων, η κλιμάκωση των επενδύσεων στο χρόνο και οι συντελεστές αξιολόγησης αερολιμένων και ενεργειών έτσι όπως έχουν οριστεί.
- Η **απόδοση** που επιφέρει η υλοποίηση των έργων υποδομής στους αερολιμένες δεν αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση του διαθέσιμου κεφαλαίου.



## Συμπεράσματα 2/3

- Σε όλες τις εφαρμογές προβλημάτων βελτιστοποίησης με **μετακύλιση κεφαλαίου**, το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργειών ενεργοποιείται από το δεύτερο με τρίτο έτος και μετά.
- Το 80% των σεναρίων που εξετάστηκαν είναι πιο αποδοτικά όταν προβλέπουν **μετακύλιση κεφαλαίου**.
- Οι **μεταβολές των απαιτούμενων δαπανών** για την αναβάθμιση του κάθε αερολιμένα ξεχωριστά είτε με την αύξηση κατά 26%, είτε με την αύξηση κατά 60 % δεν σημαίνει ότι θα επιφέρει αισθητή αντίστοιχη αύξηση/μείωση της τιμής της αντικειμενικής συνάρτησης ή του συνολικού αριθμού των υλοποιήσιμων ενεργειών.
- Η **συχνότητα ενεργοποίησης των ενεργειών** δεν αυξάνεται το ίδιο για τις ενέργειες που διαθέτουν τους ίδιους συντελεστές μεταβολής απόδοσης των αερολιμένων ( $\Delta X$ ) καθώς και τους ίδιους συντελεστές δαπανών.



## Συμπεράσματα 3/3

- Τόσο με τη μεταβολή του δείκτη απόδοσης  $\Delta X$ , όσο και με τη μεταβολή στη σειρά προτεραιότητας των ενεργειών υπάρχει συμμετρία στα αποτελέσματα σε σχέση με τις αρχικές συνθήκες.
- Το μέσο κόστος ανά υλοποιήσιμη ενέργεια ελαχιστοποιείται για το σενάριο χαμηλού προϋπολογισμού χωρίς μετακύλιση.
- Υπό προϋποθέσεις είναι δυνατό να καταστεί **χρήσιμο το μοντέλο που αναπτύχθηκε** στην παρούσα Διπλωματική Εργασία έπειτα από κατάλληλες προσαρμογές στην κάθε περίπτωση βελτιστοποίησης επενδύσεων αερολιμένων αλλά και διαφορετικών έργων υποδομών.





## Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

- Δημιουργία ενός ολοκληρωμένου μοντέλου βιώσιμης ανάπτυξης των υποδομών των αερομεταφορών που θα συνδέει τις επιχειρήσεις με τη μείωση των περιβαλλοντικών ρύπων (αειφορία) και την πλήρη εναρμόνιση με το Διεθνή Οργανισμό Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) και την Ευρωπαϊκή Νομοθεσία.
- Καθορισμός επιπλέον κριτηρίων αναφοράς για την αξιολόγηση των δεικτών της σπουδαιότητας και της μεταβολής απόδοσης όπως πχ η μηνιαία διακύμανση της κυκλοφορίας, κριτήρια ενίσχυσης ανάπτυξης των περιφερειών, οι αξιοποιήσιμες επιφάνειες κάθε αερολιμένα.
- Χρησιμοποίηση **μοντέλου** για αερολιμένες τόσο εσωτερικού όσο και εξωτερικού ώστε να προκύψουν τυχόν δείκτες και παράμετροι που υπολείπονται ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη λειτουργία του μοντέλου και η χρησιμοποίησή του από τις αρμόδιες Αρχές.





*Σας ευχαριστώ για τον χρόνο σας.*

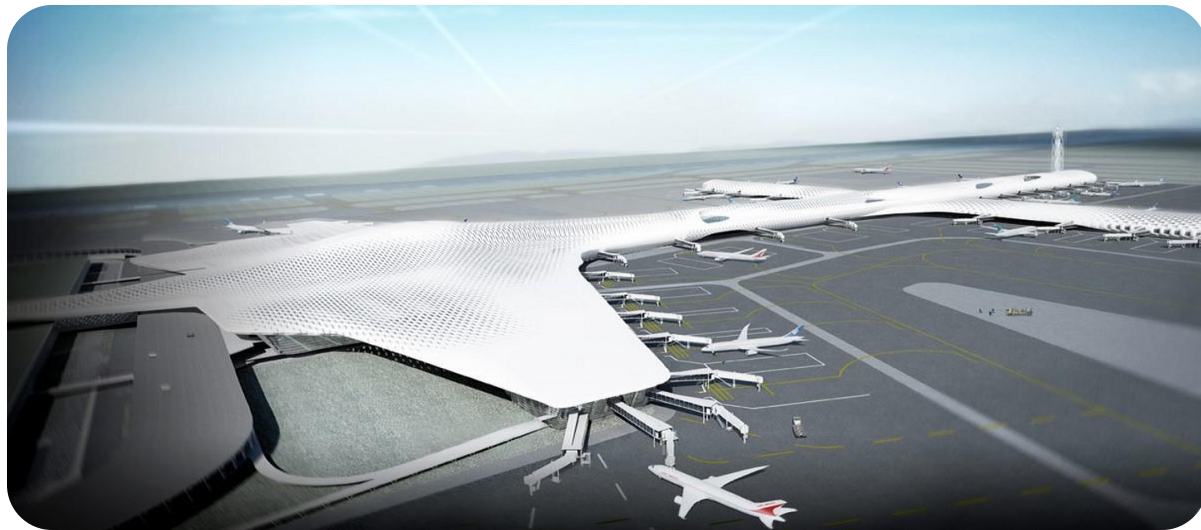




# ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

## ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

### Ανάπτυξη Μοντέλου Βελτιστοποίησης της Κατανομής Πόρων για την Αναβάθμιση των Σπουδαιότερων Αερολιμένων στην Ελλάδα



#### Επιβλέποντες Καθηγητές:

Γιώργος Γιαννής, Καθηγητής ΕΜΠ  
Νικόλαος Λαγαρός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ  
Κωνσταντίνος Κεπαπτσόγλου, Λέκτορας ΕΜΠ

Ειρήνη-Νιόβη Χρήστου

Αθήνα, Ιούλιος 2016